UANTITATIVE UNTERSUCHUNGEN AM DARMKANAL DER WEISSEN RATTE

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

—

vorgelegt von

Günter Gebauer

—

1970

—

Druck:
Universitätsbibliothek Saarbrücken

MEINER MUTTER

Aus dem II. Anatomischen Institut der Universität des Saarlandes
Direktor : Prof. Dr. med. H. Kulenkampff

QUANTITATIVE UNTERSUCHUNGEN AM DARMKANAL DER WEISSEN RATTE

I N A U G U R A L D I S S E R T A T I O N

zur Erlangung der Doktorwürde der

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

vorgelegt von

Günter Gebauer

1970

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan : Prof. Dr. med. G. Dhom
Referent : Prof. Dr. med. H. Kulenkampff
Correferent :
Tag der mündlichen Prüfung : 25. 8. 1970

QUANTITATIVE UNTERSUCHUNGEN AM DARMKANAL DER WEISSEN RATTE

Für die physiologisch-pharmakologischen Untersuchungen der enteralen Resorption sind morphologische Grundlagen unentbehrlich. Das betrifft nicht nur die der Resorption zu Verfügung stehende Oberfläche, sondern auch die morphologischen Details bezüglich Zellart, -grösse und -verteilung sowie deren Veränderungen im Laufe von Resorptionsprozessen. Je spezieller die pharmakologisch-physiologische Fragestellung, desto höher sind die Anforderungen an quantitativ-morphologische Untersuchungen.

Es finden sich in der Literatur schon in der Mitte des 19. Jhdts. einzelne Angaben solcher Art. Nach der Entdeckung der Becherzellen durch HENLE (1837) standen zunächst histochemische Probleme und die Erkennung von Artefakten einem Vergleich der Untersuchungsergebnisse verschiedener Autoren im Wege.

Erst als man sich in der 2. Hälfte des vergangenen Jhdts. über die wirkliche Existenz der Becherzellen einig war, folgten bald Befunde über die Verteilung dieser neuen Zellart im Darmkanal. Die Erkenntnis, diese schleimbildenden, einzelligen Drüsen seien in ihrem Vorkommen von regionalspezifischen Faktoren abhängig, brach sich um 1900 Bahn. Bei Säugetieren konstatierte man eine stetige Zunahme vom oberen Dünndarm analwärts.

SCHUMANN (1907) fand an den Kryptenmündungen des Dünndarmes nur selten

Becherzellen, wogegen sie im Kryptenfundus am dichtesten liegen sollten. Die erste umfassende, eigens auf die Verteilung der Becherzellen gerichtete Untersuchung an einigen Nagetieren stammt von KAUKO IGNATIUS (1928). Er bestimmte im histologischen Schnitt die Anzahl der Becherzellen pro Längeneinheit der Zotte. MARTIN (1961) zählte die Becherzellen pro Krypte der Dickdarmschleimhaut und stellte hier eine Abnahme vom Kryptengrund zur Oberfläche fest.

Unerläßlich für die Untersuchungen über die Resorption ist die Kenntnis der Gesamtoberfläche des Darmrohres. Der erste Schritt zu ihrer Bestimmung ist die Ermittlung der Darmlänge, der zweite die Erfassung der Oberfläche des Schleimhautreliefs, und der dritte die Größe der resorbierenden Einzelzelle mit ihrem Besatz von Microvilli, was allerdings nur an elektronenmikroskopischen Aufnahmen möglich ist.

Die Darmlänge wurde seit der Jahrhundertwende vielfach untersucht, doch waren die Ergebnisse zunächst kontrovers. Die absolute Darmlänge ist von der relativen zu unterscheiden, wobei letztere die Länge einzelner Darmabschnitte und ihr Verhältnis zueinander angibt.

Die Bestimmung der absoluten Darmlänge bereitet grosse methodische Schwierigkeiten. So glaubten VAN DER REIS und SCHEMBRA (1924-1927), mittels Darmpassage eines Schlauches Rückschlüsse auf die Darmlänge in vivo ziehen zu können, ein Konzept, welches auf den ersten Blick erfolgversprechend aussieht. Es hat sich jedoch gezeigt (GANTER, 1926; NICKEL, 1933; LEWKE, 1943), dass infolge ungleichmässiger Fortbewegung

der Sonde im Darmrohr dieses von sehr verschiedenen Längen durchzogen werden kann (Schwankungen vom ein- bis dreifachen !).

Die laparoskopische Kontrolle am narkotisierten Hunde zeigte dabei eine Verkürzung des Jejuno-Ileum auf mindestens den dritten Teil seiner wirklichen Länge. Dehnung und Raffung des Darmes sowie Aufknäuelung des Schlauches im Lumen stehen der Gewinnung verlässlicher Werte entgegen.

Die Verbindlichkeiten von Ergebnissen postmortal angestellter Messungen untersuchte NICKEL (l.c.) gleichfalls an Hunden. Auf eine anfängliche Verkürzung des Darmrohres nach dem Tode, deren Höhepunkt mit inviduellen Schwankungen selbst an einzelnen Abschnitten desselben Darmes zu unterschiedlichen Zeiten erreicht wird, folgt im allgemeinen in den ersten Stunden eine Verlängerung (4-24 Stunden post mortem), welche an manchen Objekten sogar zur Überschreitung der ursprünglichen Länge führt. Aus älteren Untersuchungen von MEIROWSKI (1899), MANGOLD (1921), POTONIE (1925) über die Totenstarre der glatten Muskulatur geht hervor, dass diese in seltenen Fällen ganz ausbleiben kann. Ebenso ausnahmsweise bleibt sie auf ihrem Höhepunkt stehen. d.h. geht nicht in Lösung über, so dass die Länge des Darmes, sowohl in ganzer Ausdehnung, als auch streckenweise je nach dem Grade der örtlichen Totenstarre verschieden sein kann. Verlässliche Befunde sind nach NICKEL nur durch Formalin-fixierung mittels Perfusion unmittelbar nach dem Tode zu gewinnen; sie hat keinen Einfluß auf die Darmlänge.

Über die relative Darmlänge wurden lange Zeit sehr verschiedene Ansichten geäußert. Im allgemeinen war man der Meinung, herbivore Säuger besäßen einen längeren Darm als carnivore. Als einer der ersten postulierte BABAK (1906) die Abhängigkeit der Darmlänge von der Art der aufgenommenen Nahrung (o.a. REVILLIOD (1908), WETZEL (1928 u. 1930). HARDER (1951) wandte sich gegen eine funktionelle Beeinflussung der Darmlänge durch unterschiedliche Ernährung und meint, Unterabschnitte des Darmes würden durch getrennte Erbanlagen in ihrem Längenwachstum gesteuert.

GORGAS (1967), der in einer vergleichend anatomischen Studie an über 90 Arten von Rodentia den Magen-Darmkanal im Hinblick auf Phylogenie, Spezialisation und funktionelle Adaptation untersuchte, kam zu dem Ergebnis, ein Vergleich relativer Darmlänge herbi- und carnivorer Säuger beweise, dass die Annahme, die Art der aufgenommenen Nahrung bestimme die Darmlänge, nicht zutreffe.

Erst seit den 40er Jahren ist es möglich, Oberflächen aus einem histologischen Schnitt zu bestimmen. 1939 untersuchte WARREN die Oberfläche der Darmschleimhaut am Hunde. WOOD (1944) baute auf den theoretischen Grundlagen WARRENs auf und benutzte die sog. WARREN-Formel, um eine gleiche Untersuchung an Ratte und Katze vorzunehmen. FISHER und PARSONS (1950) verfeinerte die WARREN-Formel und bestimmten erneut die Oberfläche des Dünndarmes der Ratte.

Die menschliche Dünndarmoberfläche ermittelte WILSON (1967) nach der Methode von FISHER und PARSONS.

Eine Methode zur Bestimmung von Oberflächen und Volumina mikroskopischer Objekte fand CHALKLEY (1943); sie wurde später von HAUG (1955) als " Treffermethode " bezeichnet. HENNIG (1958) begründete sie exakt mathematisch.

Von den für die oben aufgezeigte Problematik bedeutungsvollen quantitativen Untersuchungen haben wir uns auf Epitheldickenmessungen, Zottenlängenbestimmungen sowie die Messungen der Dicke des Bürstensaumes und die lichtmikroskopisch zu ermittelnde Gesamtoberfläche des Darmrohres der Ratte beschränkt.

Wir hielten dies für umso notwendiger, als Massangaben in der älteren Literatur (umfängliche Zusammenstellung bei OPPEL, 1897) zumeist an nicht genau definierten Darmabschnitten gewonnen wurden und somit eventuell vorhandene regionalspezifische Unterschiede keine Berücksichtigung gefunden haben.

M A T E R I A L und M E T H O D I K

Erwachsene weise Ratten (SPRAGUE-DAWLEY von 25o - 3oo g Gewicht) beiderlei Geschlechts wurden mit Macrodex^{R} perfundiert und anschliessend auf gleichem Wege mit Bouin fixiert. Aus Duodenum, bzw. oberem Jejunum, unterem Ileum und Colon asc. wurden Stücke entnommen und in Bouin nachfixiert. Die Einbettung erfolgte in Paraffin. Die Färbung der 7 µ dicken Schnitte erfolgte mit Aldehyd-Thionin (nach SPECHT, persönliche Mitteilung). Übersichtsaufnahmen der Präparate (ZEISS, Ultraphot 2 ,

Luminar 4o mm) wurden auf das Format 5o x 6o vergrössert (Gesamtvergrösserung 14o-fach).[1] Zur Anwendung der Treffermethode wurden Linienraster (d=3mm) und Punktraster benutzt, wobei die Raster die gesamte Photographie bedeckten.

Folgende Bestimmungen wurden durchgeführt :

1) Volumenanteil der Becherzellen an der Schleimhaut verschiedener Darmabschnitte (oberer, unterer Dünndarm, Dickdarm)
2) Die resorbierende Oberfläche des oberen und unteren Dünndarmes (lichtmikroskopisch d.h. ohne Berücksichtigung der Mikrosvillusoberfläche, was nur an Elektronenphotomikrogrammen möglich gewesen wäre, die nicht zur Verfügung standen.
3) Messung der Epithelzellhöhe in Bezug auf deren Lage an der Zottenoberfläche (Spitze, Basis).
4) Die Höhe des Bürstensaumes
5) Die Zottenlänge in den verschiedenen Dünndarmabschnitten

Die Untersuchungen wurden an 11 Photographien (5 oberer Dünndarm, 4 unterer Dünndarm, 2 Colon asc.) durchgeführt.

Die auf die Schleimhaut entfallenden Treffer wurden in zwei Gruppen geordnet : a) Becherzellen, b) übrige Schleimhaut (hier einschließlich Tunica muscularis mucosae). Auf diese Weise ermittelten wir für jedes

1) Mit der Aldehyd-Thioninfärbung werden die Becherzellen distinkt erfasst; auf den Photographien kontrastieren sie gut mit dem übrigen Gewebe.

Präparat den Volumenanteil der Becherzellen. Zwecks Verbesserung der Genauigkeit wurde das gleiche Photo bei vier verschiedenen Rasterlagen ausgewertet. Die Bestimmung der Schleimhautoberfläche erfolgte an den gleichen Photographien. Das vonmir hierzu benutzte Linienraster hatte einen Zeilenabstand von 3 mm. Auch hierbei wurden vier verschiedene Richtungen des Rasters für die Messung benutzt, und die Durchstosspunkte der Linien mit der Oberfläche registriert. Die erhaltenen Werte wurden in die HENNIGsche Formel eingesetzt und die Oberfläche berechnet.

Für die Messung der Epithelzellen, Zottenlänge und der Bürstensaumdicke benutzte ich das elektronische Längenmessgerät der Fa. WILD.

B E F U N D E

1)
Bestimmung des Volumenanteiles der Becherzellen an der Schleimhaut verschiedener Darmabschnitte :

<u>Oberer Dünndarm</u>

Photo Nr. 1	2o,5	±	o,87	VOL%
2	29,4	±	3,4	VOL%
3	27,25	±	1,9	VOL%
4	27,5	±	1,5	VOL%
5	4o,75	±	7,8	VOL%
$\bar{x}$ =	27,75	±	3,75	VOL%

Rund 28 VOL% der Schleimhaut des oberen Dünndarmes bestehen demnach aus Becherzellen.

Unterer Dünndarm

Photo Nr. 1	33,o	±	1,3	VOL%
2	36,o	±	5,9	VOL%
3	36,5	±	3,25	VOL%
4	34,75	±	3,75	VOL%
$\bar{x}$ =	35,o	±	o,7	VOL%

Der Unterschied zwischen oberem und unterem Dünndarm ist signifikant. Besonders augenfällig ist die Steigerung des Volumenanteiles der Becherzellen an der Schleimhaut im COLON ASCENDENS. Hier ermittelte ich aus 2 Präparaten bei je 4 Einstellungen :

Photo Nr. 1	62,o	±	2,62	VOL%
2	61,75	±	4,27	VOL%
$\bar{x}$ =	61,87	±	o,12	VOL%

Sonst sind die Unterschiede in der Anzahl der Becherzellen aller drei Darmabschnitte signifikant.

TABELLE 1

Oberer Dünndarm	$\bar{x}$ =	27,75	± 3,75	VOL% Becherzellen
Unterer Dünndarm	$\bar{x}$ =	35,o	± o,7	VOL% Becherzellen
Colon Ascendens	$\bar{x}$ =	61,87	± o,12	VOL% Becherzellen

2) Messung der lichtmikroskopisch erfassbaren Schleimhautoberfläche im oberen und unteren Dünndarm.

Nach der Formel O = 2 x Pm x h errechnete ich die Oberfläche; hierbei bedeutet

Pm = arithmetisches Mittel der Durchstosspunkte

a = Linienabstand des Rasters (3 mm)

h = Schnittdicke (7 µm)

Für 1 cm Länge des Oberen Dünndarmes ergeben sich bei 4 Einstellungen des Rasters pro Photo folgende Mittelwerte :

Photo Nr. 1	4,1o	± o,32	cm^2
2	4,75	± o,19	cm^2
3	3,24	± o,o7	cm^2
4	4,9o	± o,5	cm^2
5	4,45	± o,43	cm^2
$\bar{x}$ =	4,6o	± o,31	cm^2

Wäre der gesamte DUnndarm der Ratte mit seiner Länge von 8o cm in allen Abschnitten so gebaut, wie es unsere Präparate vom oberen DUnndarm zeigen, hätte der DUnndarm der Ratte eine Gesamtoberfläche von 368 cm^2.

Da durch die histotechnische Behandlung mit einer erheblichen Schrumpfung gegenUber dem lebenden Zustand zu rechnen ist, (Schrumpfungsfaktor $\mathcal{E}$ = 3o%) ist die wirkliche Oberfläche um diesen Betrag grösser und erreicht damit 478 cm^2.

FUr 1 cm Länge des Unteren DUnndarmes ergaben sich bei je 4 Einstellungen des Rasters pro Photo untenstehende Mittelwerte :

PhotoNr. 1	2,75	±	o,o3	cm^2
2	2,5	±	o,o9	cm^2
3	2,9	±	o,1	cm^2
4	4,o5	±	o,84	cm^2
$\bar{x}$ =	3,o	±	o,32	cm^2

Wäre der gesamte DUnndarm in allen Abschnitten so gebaut, wie es unsere Präparate vom Unteren DUnndarm zeigen, dann hätte der DUnndarm der Ratte bei einer Länge vom 8o cm eine Oberfläche von 24o cm^2. Einschließlich des Schrumpfungsfaktors $\mathcal{E}$ = 3o% resultiert eine Gesamtoberfläche von 312 cm^2. Einfache Mittelung aus Oberem und Unterem DUnndarm ergibt eine Gesamtoberfläche von etwa 395 cm^2.

Signifikanzbestimmung der Oberflächen :

$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 1,6$ $\qquad 3,21\,6_{Diff.} = 1,44$

Da die Differenz der Mittelwerte größer als die 3-fache $6_{Diff.}$ ist, besteht Signifikanz (KOLLER). Die Schleimhautoberfläche des Dünndarmes nimmt damit analwärts ab.

3) Messung der Epithelzellhöhe an den Zotten des Oberen und Unteren Dünndarmes.

Die folgenden Messungen wurden an Zottenbasis und Zottenspitze vorgenommen.

Oberer Dünndarm

Zottenspitze : $\bar{x} = 28,1 \pm 1,19$ µm

Zottenbasis : $\bar{x} = 35,05 \pm 1,26$ µm

Unterer Dünndarm

Zottenspitze : $\bar{x} = 26,4 \pm 1,89$ µm

Zottenbasis : $\bar{x} = 34,85 \pm 1,04$ µm

Für den gesamten Dünndarm gilt :

Die Saumzellen an der Zottenspitze sind signifikant niedriger als an der Zottenbasis, wobei die absolute Zellhöhe im gesamten Dünndarm

gleich ist. Wird die Epithelhöhe nicht an definierter Stelle einer Zotte gemessen, d.h. nicht zwischen Basis und Spitze unterschieden, ergeben sich keine signifikanten Unterschiede. Die Epithelzellhöhe ist also mit der Lage auf der Zotte korreliert und nimmt von der Basis zur Spitze ab.

4) Im Lichtmikroskop ist der Bürstensaum wegen seiner geringen Höhe nur sehr ungenau zu vermessen. Insofern nimmt es nicht Wunder, dass sich zwischen oberem und unterem Dünndarm keine signifikanten Unterschiede ergaben. Seine mittlere Höhe beträgt $\bar{x} = 2{,}3o \pm o{,}1o$ µm.

5) Die Zottenlänge wurde von der Zottenspitze bis zur Zottenbasis gemessen.

Oberer Dünndarm

$$\bar{x} = 43o{,}o \pm 45{,}39 \text{ µm}$$

Unterer Dünndarm

$$\bar{x} = 27o{,}8 \pm 11{,}8 \text{ µm}$$

Auch dieser Unterschied ist signifikant. Die Zottenlänge im Dünndarm nimmt analwärts ab.

Tabelle 2

Epithelzellhöhe	Oberer Dünndarm	Zottenspitze	$\bar{x} = 28,1 \pm 1,19$ µm	Signifikanz
		Zottenbasis	$\bar{x} = 35,05 \pm 1,26$ µm	
	Unterer Dünndarm	Zottenspitze	$\bar{x} = 26,4 \pm 1,89$ µm	Signifikanz
		Zottenbasis	$\bar{x} = 34,85 \pm 1,04$ µm	
	Oberer Dünndarm	ohne topographische Zuordnung	$\bar{x} = 32,16 \pm 1,04$ µm	keine Signifikanz
	Unterer Dünndarm		$\bar{x} = 29,1 \pm 0,47$ µm	
Bürstensaumdicke	Oberer Dünndarm		$\bar{x} = 2,14 \pm 0,11$ µm	keine Signifikanz
	Unterer Dünndarm		$\bar{x} = 2,47 \pm 0,26$ µm	
Zottenlänge	Oberer Dünndarm		$\bar{x} = 430,0 \pm 45,39$ µm	Signifikanz
	Unterer Dünndarm		$\bar{x} = 270,0 \pm 11,8$ µm	

D I S K U S S I O N

In der Arbeit von KAUKO IGNATIUS (1928) finden wir eine Auszählung von Becherzellen, wobei eine mit dem Okularmikrometer vermessene Schleimhautstrecke als Bezug dient. Der Autor führte seine Messungen an Kaninchen,Meerschweinchen und Mäusen durch : er zählte etwa 25 Becherzellen pro 1ooo µm Kryptenepithel bei allen 3 Tierarten. Auf 1ooo µm Zottenlänge fand er im Mittel 12 Becherzellen. Seine Aussage über die Becherzellverteilung im Dickdarm beschränkt sich auf die Feststellung, dass sie dort am dichtesten an der KryptenmÜndung stehen. MARTIN (1961) untersuchte die Becherzellverteilung im Dickdarm der Ratte und zählte im CAECUM, COLON ASC. und DESC. im Mittel 44 Becherzellen pro Krypte, was sich - nimmt man IGNATIUS's Zahlen aus dem DÜnndarm - mit meinen quantitativen Ergebnissen deckt, dass nämlich der Becherzellanteil der Dickdarmschleimhaut höher liegt (61,87 VOL%) als im DÜnndarm (35 VOL%) .

Bezüglich der Verteilung der Becherzellen in der Einzelkrypte sind die Angaben von MARTIN und IGNATIUS kontrovers. Auf Grund meiner Beobachtungen kann ich die Angaben von MARTIN bestätigen.

Die Bestimmung der Darmoberfläche an Katze und Ratte (WOOD, 1944) fusst auf der WARREN-Formel, die unserer Ansicht nach nur sehr grobe Werte liefert. FÜr das Jejunum der Ratte ermittelte die Autorin 8,5 cm^2 auf 1 cm Serosalänge. FÜr 8o cm DÜnndarmlänge wäre das eine Oberfläche von 68o cm^2 im oberen DÜnndarm. Am Ileum fand sie 5,1 cm^2/cm Serosa-

länge, auf 8o cm Dünndarmlänge : 4o8 cm^2.

Die von mir ermittelten Oberflächen liegen mit 478 cm^2/8o cm für den oberen Dünndarm, und 312 cm^2/8o cm für den unteren Dünndarm weit unter WOODs Werten.

FISHER und PARSONS (195o) bestimmten die Dünndarmoberfläche der Ratte nach derselben Methode. Aus verschiedenen Darmabschnitten entnahmen FISHER und PARSONS Darmstücke, die sie nach erfolgter Fixierung und Einbettung längs und quer schnitten. Mit Hilfe eines Mikroprojektors projizierten sie die Schnitte auf die Hinterwand eines Glasschirmes mit einer linearen Vergrösserung von etwa 5o-fach. Die Projektionen wurden abgezeichnet. Nach Messung aller linearen Grössen konstruierten sie eine Standardschleimhaut mit schematisierter Zottenform und berechneten so die Dünndarmoberfläche. Insofern sind die Ergebnisse mit Vorbehalt zu betrachten, was die absoluten Werte anbelangt. Die Tendenz einer Oberflächenverminderung in der Richtung nach analwärts geht jedoch auch aus der Arbeit von FISHER und PARSONS deutlich hervor. Nach Korrektur der Schrumpfung geben FISHER und PARSONS, für die Schleimhautoberfläche 1oo cm von der V. ileocaea. 8,17 cm^2/cm Dünndarm an. Das entspricht 653,6 cm^2 für 8o cm Dünndarm. Als mittleren Wert für den gesamten Dünndarm nennen FISHER und PARSONS 6,3 cm^2/cm Serosalänge, umgerechnet auf 8o cm Darmlänge also 498 cm^2. Die von mir ermittelte Oberfläche für den gesamten Dünndarm nach Berücksichtigung des Schrumpfungsfaktors = 3o% liegt mit 395,2 cm^2 deutlich unter dem

von FISHER und PARSONS angegebenen Wert. Die Diskrepanz der Ergebnisse resultiert aus der Verschiedenheit der Methode, wobei die von mir angewandte Rastermethode dem aus dem Jahre 1939 (WARREN) stammenden eher konstruktiven Verfahren sicher überlegen ist.

1965 berechneten BOYNE et al. die Schleimhautoberfläche an der laktierenden Ratte. Dabei bestimmten sie auch die Oberfläche bei nicht laktierenden Ratten. Die Methode übernahmen sie von FISHER und PARSONS, und benützten für ihre Rechnung die erweiterte WARREN-Formel.

Die von diesen Autoren angegebenen Werte (für jungfräuliche Ratten) liegen erwartungsgemäß weit höher, als die von mir ermittelten :

Duodenum : 5,4o cm^2/cm Serosalänge =
432 cm^2/8o cm Dünndarm

Jejunum : 7,o7 cm^2/cm Serosalänge =
565,6 cm^2/8o cm Dünndarm

Ileum : 5,65 cm^2/cm Serosalänge =
455,2 cm^2/8o cm Dünndarm

(Alle Werte ohne Berücksichtigung eines Schrumpfungsfaktors)

Für die Oberfläche des gesamten Dünndarmes resultieren dann etwa 484,3 cm^2 pro 8o cm Dünndarm.

Tabelle 3

Autoren	Duodenum	Gesamter Dünndarm
WOOD	68o cm^2 ohne Schrumpfungs-faktor	
FISHER u. PARSONS	653,6 cm^2 mit Schrumpfungs-faktor	498 cm^2 mit Schrumpfungs-faktor
BOYNE et al.	565,6 cm^2 ohne Schrumpfungs-faktor	484,3 cm^2 ohne Schrumpfungs-faktor
GEBAUER	478,4 cm^2 mit Schrumpfungs-faktor	395,2 cm^2 mit Schrumpfungs-faktor

Alle Werte sind auf eine Dünndarmlänge von 8o cm bezogen.

Genaue Messungen der Epithelzellhöhe, vor allem vergleichbaren Angaben aus oberem und unterem Dünndarm, konnte ich in der Literatur nicht finden.

A. MOHIUDDIN (1962) beschrieb die variierende Höhe der resorbierenden Zellen im Dünndarm. Er stellte fest, dass die Saumzellen an der Zottenspitze niedriger sind als an den Zottenflanken. Diese Feststellung deckt sich mit meinen Messungen.

Die Microvillushöhe wird von PALAY und KARLIN (1959) an der Ratte mit 1 µm angegeben. Die von mir gemessenen Werte liegen zwischen 2 und 2,5 µm.

Jedoch sind solche Werte wegen der unterschiedlichen Aufarbeitung des Materials nicht zu vergleichen.

IGNATIUS (1928) maß die Epithelzellhöhe an Zotten und Krypten und gab dazu die entsprechende Becherzellzahl an. Er maß die Zottenlänge von der Spitze bis zur Basis.

TABELLE 4

Autoren	Oberer Dünndarm	Unterer Dünndarm
IGNATIUS	Duodenum : 379,5 µm	Ileum : 135,8 µm
	: 359,7 µm	
	Jejunum : 41o,3 µm	
	: 545,o µm	
GEBAUER	43o µm	27o,8µm

Die allgemeine Tatsache einer Abnahme der Zottenlänge von oral nach analwärts geht aus diesem Vergleich hervor.

ZUSAMMENFASSUNG

1 Der Volumenanteil der Becherzellen in den verschiedenen Darmabschnitten wurde bestimmt : Es fallen 27,75 VOL% auf die Schleimhaut des oberen Dünndarmes, 35,o VOL% auf die des unteren Dünndarmes und 61,87 VOL% auf den Dickdarm.

2 Die Messung (lichtmikroskopisch) der Schleimhautoberfläche ergab für den gesamten Dünndarm (8o cm Länge) 395 cm^2.

3 Die Saumzellhöhe an Zottenspitze und -basis ist signifikant unterschieden. Die Epithelzellen an der Zottenbasis sind höher. Dieses Verhalten gilt für den gesamten Dünndarm.

4 Die Bürstensaumdicke betrug im oberen Dünndarm 2,14 $\pm$ o,11 µm , im unteren Dünndarm 2,47 $\pm$ o,26 µm. Es besteht kein Unterschied in den einzelnen Dünndarmabschnitten.

5 Die Zottenlänge beträgt im oberen Dünndarm 43o $\pm$ 45,39 µm, im unteren Dünndarm 27o,8 $\pm$ 11,8 µm. Dieser Unterschied ist signifikant.

L I T E R A T U R

BABAK, E. — Über den Einfluß der Nahrung auf die Länge des Darmkanals
Biol. Zbl. 23, 477-483, 519-528 (1903)

Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Nahrung auf die Länge des Darmkanals
Zbl. Physiol. 18, 662-666 (1904-1905)

BOYNE, R., B.F.FELL u. I. ROBB — The surface area of the intestinal mucosa in the lactating rat.
J. Physiol. (London) 183, 570-575 April 1966

CHALKLEY, H.W. — Method for the quantitative morphologic analysis of tissue
J.Nat. Canc. I st. 4, 47 (1943)

FISHER, R.B. u. D.S. PARSONS — The Gradient of Mucosal Surface Area in the Small Intestine of the Rat
Journal of Anat. 84, 272-282 (1950)

GANTER, G. — Über die Länge des menschlichen Darmes
Z.ges.exp.Med. 48, 561-569 (1926)

GORGAS, M. — Vergleichende anatomische Untersuchungen am Magen-Darm-Kanal der Sciuromorpha, Hystricomorpha u. Caviomorpha (Rodentia)
Z.wiss.Zool. 175, 237-404 (1967)

HARDER, W. — Studien am Darm von Wild- und Haustieren
Z.f.Anat.u.Entw. 116, 27-51 (1950)

HAUG, H. — Die Treffermethode, ein Verfahren zur quantitativen Analyse im histologischen Schnitt
Z.f.Anat.u.Entw. 118, 302-312 (1955)

HENLE, J. — Symbolae ad anatomiam villorum intestinalium

imprimis eorum epithelii et vasorum lacteorum Berolini 1837 - und Handbuch d. Eingeweidel. des Menschen, Braunschweig 1862 Ref.BrÜhl : Inaug. Diss. 1898

HENNIG, A. — Kritische Betrachtungen zur Volumen und -Oberflächenmessung in der Mikroskopie Sonderdruck aus der ZEISS-Werkzeitschrift Nr. 3o, 1o.11 (1958)

IGNATIUS, K. — Über das Vorkommen von Becherzellen im Darmkanal einiger Nagetiere Ann.acad.Scientiarium Fennicae 27, 1-58 (1928)

KOLLER, S. — Graphische Tafeln zur Beutrteilung statistischer Zahlen Verlag von Pr.D.Steinhopff 1953

LEWKE, J. — Beitrag zur Längenmessung des Dünndarmes beim Lebenden und an der Leiche Anat.Anz. 94, 129-143 (1943)

MANGOLD, E. — Die Totenstarre des Säugermagens PflÜgers Arch. 188, 3o3-321 (1921)

MARTIN, B.F. — The Goblet Cell Pattern in the large Intestine The Ant.Rec. 14o, 1-15 (1961)

MEIROWSKI, E. — Neue Untersuchungen über die Totenstarre quergestreifter und glatter Muskulatur PflÜgers Arch. 78, 64-86 (1899)

MOHIUDDIN, A. — Variable height of intestinal absorptive cells Nature (London) 195, 734-735 (1962)

NICKEL, R. — Über die Ermittelung der Länge und der Lage des Verdauungskanals Z.ges.exp.Med. 91, 193-242 (1933)

OPPEL, A.
Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere
Teil II, Schlund und Darm , Jena (1896-1897)

PALAY, S.L.u. L.J. KARLIN
An electromicroscopic study of the intestinal villi
I. The fasting animal
J.biophys.biochem.Cytol. 5, 363-372 (1959)

POTONIE, H.
Neues Uber die Totenstarre glatter Muskulatur
Pflügers Arch. 2o9, 395-413 (1925)

REVILLIOD, P.
Influence du régime alimentaire sur la croissance et la structure du tube digestif
Rev. Siusse Zool.Genève 16,241-32o (19o8)

SCHUHMANN, P.
Beiträge zur vergleichenden Histologie des Enddarmes und des Überganges des Mitteldarmes in den Enddarm der Haussäugetiere
Inaug.Diss. ZUrich 19o7

VAN DER REIS u. F.W. SCHEMBRA
Weitere Studien über die funktionelle Darmlänge: Operative Ergebnisse und Beobachtungen am Bauchfenster
Z.exp.Med. 52, 74-83 (1926

Untersuchungen über die funktionelle Darmlänge in vivo und die Topographie des Verdauungskanals.
Erg.Anat. 27, 787-814 (1927)

Länge und Lage des Verdauungsrohres beim Lebenden
Z.exp.Med. 43, 94-113 (1924)

WARREN, R.
Serosal and mucosal dimensions of the dogs small intestine
Anat.Rec. 75, 427-437 (1939)

WETZEL, G. Der Magen-Darm-Schlauch der Ratte bei pflanzlicher und tierischer Nahrung. Gewichts- und Längenverhältnisse
Arch.Entw.mechan. 114,65-1o7 (1928)

WILSON, J.P. Surface Area of the Small Intestine in Man
London Gut 8/6, 618-621 (1967)

WOOD, H.O. The Surface Area of the intestinal Mucosa in the Rat and in the Cat
Journ.of Anat. 78, 1o3-1o5 (1944)

Herrn Professor Dr. med. H. Kulenkampff möchte ich an dieser Stelle für die Überlassung des vorliegenden Themas und seine mir immer bezeugte Hilfsbereitschaft herzlichen Dank sagen.

L E B E N S L A U F

Günter Gebauer, geboren am 11. Oktober 1943 in Bunzlau, Schlesien. Flucht 1945 mit Mutter und Großmutter nach Westdeutschland. Vater gefallen.

Von 1945 bis 1953 wohnhaft in Watzenborn-Steinberg, Kreis Gießen in Hessen. Dort Besuch der Volksschule. 1954 Übersiedelung nach Hanau/Hessen. Daselbst Absolvierung des Realgymnasiums. Abitur im Februar 1963.

Im Mai 1963 Beginn des Studiums der Medizin in Gießen. 1967 Hochschulwechsel zur Universität des Saarlandes, Medizinische Fakultät Homburg/Saar. Staatsexamen im Dezember 1969.

Seit dem 27. Dezember 1969 im II. Anatomischen Institut als wissenschaftlicher Assistent beschäftigt.